(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 115968487 A
(43)申请公布日 2023.04.14

(21)申请号 202180047255.1
(22)申请日 2021.07.01
(30)优先权数据
20183434.8 2020.07.01 EP
(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2022.12.30
(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/EP2021/068192 2021.07.01
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2022/003107 EN 2022.01.06
(71)申请人 斯玛特艾公司
地址 瑞典哥德堡
(72)发明人 西蒙·利杰斯特兰德
肯尼思·琼森 约翰·菲内尔
斯蒂芬·克林特伯格
(74)专利代理机构 北京安信方达知识产权代理有限公司 11262
专利代理师 史晨杰 王漪
(51)Int.Cl.
G06V 10/141(2022.01)
G06V 10/25(2022.01)
G06V 10/764(2022.01)
G06V 10/80(2022.01)
G06V 10/82(2022.01)
G06N 3/08(2023.01)

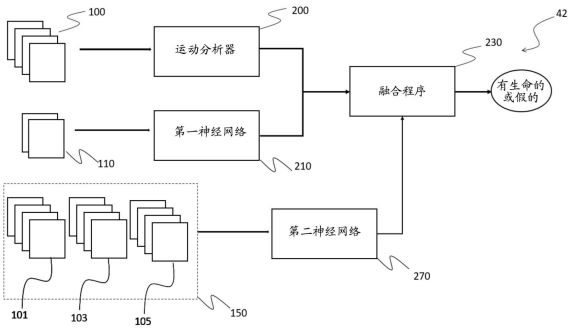
权利要求书2页 说明书9页 附图4页

(54)发明名称

反欺骗系统

(57)摘要

一种被配置为检测欺骗企图的驾驶员监视系统DMS，该系统包括：NIR图像传感器模块；光源；控制器，该控制器被配置为控制光源和图像传感器模块，以便在不同的光照条件下捕获序列的每个连续图像；具有处理器可操作软件的处理器，该软件包括：运动分析器，该运动分析器可操作来分析图像序列中的运动，并输出基于运动的结果；第一神经网络，该第一神经网络可操作来从通过堆叠来自图像序列的至少两个连续图像的集合而创建的至少两通道图像中提取至少一种类型的信息，并输出空间结果；以及融合程序，该融合程序可操作来合并基于运动的结果和空间结果，并输出最终结果，该最终结果确定目标是有生命的还是假的。



CN 115968487 A

1.一种被配置为检测欺骗企图的驾驶员监视系统DMS,所述系统包括:

NIR图像传感器模块,其用于捕获目标的一部分的图像帧序列;

光源,其能够操作以发射IR脉冲,所述脉冲具有脉冲宽度,并且在时间上隔开间隔持续时间;

控制器,其被配置成控制所述光源和所述图像传感器模块,以便在不同的光照条件下捕获所述序列的每个连续图像,所述不同的光照条件对应于所述光源的所述IR脉冲;

处理器和在所述处理器中实现的处理器可操作软件,所述软件包括:

运动分析器,其能够操作来分析所述图像序列中的运动,并输出基于运动的结果;

第一神经网络,其能够操作来从至少两通道图像中提取至少一种类型的信息,并输出空间结果,所述至少两通道图像通过堆叠来自所述图像序列的至少两个连续图像的集合而创建;以及

融合程序,其能够操作来合并所述基于运动的结果和所述空间结果,并输出最终结果,所述最终结果指示所述目标是有生命的还是假的,

其中,所述第一神经网络被训练为执行3D形状分析以提取所述至少一种类型的信息,使得所述空间结果区分2D形状和3D形状。

2.根据权利要求1所述的系统,其中,所述融合程序是分类器,并且其中,所述分类器基于所述基于运动的结果和/或所述空间结果输出所述最终结果。

3.根据权利要求1所述的系统,其中,所述运动分析器是眼睛跟踪程序,所述眼睛跟踪程序被配置为在所述目标的所述图像帧的眼睛区域中识别一组眼睛特征和闪烁位置,并基于所述闪烁位置和所述眼睛特征确定凝视方向。

4.根据权利要求1或3所述的系统,其中,所述眼睛跟踪程序还被配置为检测和比较所述图像序列中的所述目标的视网膜的反射,并将结果馈送给所述融合程序。

5.根据前述权利要求中任一项所述的系统,其中,所述光源包括至少两个IR光源,所述至少两个IR光源在空间上隔开第一距离,并且被布置为交替地发射IR光。

6.根据前述权利要求中任一项所述的系统,其中,所述不同的光照条件中的一个光照条件对应于IR脉冲之间的未照射条件。

7.根据前述权利要求中任一项所述的系统,其中,所述第一神经网络被训练为执行纹理信息分析以提取所述至少一种类型的信息,使得所述空间结果是所述目标是有生命的或者在纹理上是假的的分类。

8.根据前述权利要求中任一项所述的系统,其中,所述第一神经网络还用作所述融合程序,其中,所述基于运动的结果作为输入被馈送到所述第一神经网络,使得所述空间结果是所述最终结果,或者其中,所述运动分析器还用作所述融合程序,其中,所述空间结果作为输入被馈送到所述运动分析器,使得所述基于运动的结果是所述最终结果。

9.根据前述权利要求中任一项所述的系统,其中,所述处理器实现的软件还包括第二神经网络,所述第二神经网络被训练为执行场景动态分析以从多个图像序列中提取第二种类型的信息,并输出迭代结果,所述迭代结果是第二基于运动的结果,并且其中,由所述第二神经网络输出的所述迭代结果被馈送到所述融合程序中。

10.根据权利要求9所述的系统,其中,所述第二神经网络和所述第一神经网络是相同的神经网络。

11.一种使用驾驶员监视系统DMS检测欺骗企图的方法,包括以下步骤:

a)发射IR脉冲,所述脉冲具有脉冲宽度,并且在时间上隔开间隔持续时间,

b)获取目标的至少一部分的图像帧序列,使得在不同的光照条件下获取所述序列的每个连续图像,所述不同的光照条件对应于所述IR脉冲;

c)分析所述图像帧序列中的运动,并输出基于运动的结果;以及

d)从所述图像帧序列中选择至少两个图像的至少一个集合,使得所述至少两个图像是被连续拍摄的,

e)确定所述至少两个图像的所述集合中的感兴趣的区域,

f)通过堆叠所述至少两个图像的所述集合来创建至少两通道图像,

g)将所述至少两通道图像馈送到第一神经网络,所述第一神经网络被训练为执行3D形状分析,

h)提取至少一种类型的信息,

i)基于所提取的信息输出空间结果,所述空间结果区分2D形状和3D形状,

j)合并所述基于运动的结果和所述空间结果,以获得确定所述目标是有生命的还是假的的最终结果。

12.根据权利要求11所述的方法,其中,步骤c的所述基于运动的结果还被提供给所述第一神经网络。

13.根据权利要求11或12所述的方法,还包括以下步骤:

执行场景动态分析,用于从多个图像序列中提取第二种类型的信息,并输出迭代结果,所述迭代结果是第二基于运动的结果,并在步骤j中合并所述迭代结果以获得最终结果。

14.根据权利要求11或12或13中的一项所述的方法,包括计算所述基于运动的结果、所述空间结果、所述迭代结果和/或所述最终结果中的至少一个的置信水平的另外的步骤。

反欺骗系统

发明领域

[0001] 本发明涉及被配置为检测欺骗(spoofing)企图的驾驶员监视系统DMS。

[0002] 发明背景

[0003] 随着技术提高了基于各种生物特征(biometrics)准确确定身份的能力,生物特征作为认证因素变得越来越受欢迎。使用生物特征进行识别的准确性意味着它可以确保认证和不可否认性,而生物特征与人有着内在联系的事实确保了可用性,而没有强加的负担,例如记住密码或携带物理令牌(例如钥匙)。然而,随着新的认证因素而来的是新的潜在攻击媒介(attack vector),需要考虑这些潜在攻击媒介以确保安全性。一种攻击媒介可能是欺骗,即呈现模仿被授权用户的生物特征数据的伪造生物特征数据。例如,如果视觉面部特征被用作认证因素,那么人们可以通过呈现被授权人的照片或者通过佩戴看起来像他们的面具来欺骗面部特征。因此,为了使生物特征认证因素安全,需要开发用于处理这些攻击的稳健方法。

[0004] 先前已经提出了用于检测对生物特征认证系统(包括面部识别)的欺骗攻击的不同方法,其中一些方法基于根据NIR光谱中的影像的欺骗检测。在2019年9月23日的电路、系统、通信和计算机国际会议上A.Ghoneim S.Mohamed和A.Youssif的文章“Visible/infrared face spoofing detection using texture descriptors”中,已经公开了使用NIR影像和可见光影像进行反欺骗(anti-spoofing)的多光谱解决方案。此外,该文章公开了不同的方法,包括在视觉数据和NIR数据上单独地或结合地利用卷积神经网络(CNN)。

[0005] 发明概述

[0006] 然而,有必要的是,在日常情形中(例如在车辆内),反欺骗系统是容易获得的,并且可以无缝运行,其中基于视觉的用户认证(例如面部识别)是完全有益的。此外,期望可以以最小的成本将这些反欺骗系统集成到已经存在的硬件中。

[0007] 因此,本发明的一个目的是提供一种与车辆内已经存在的硬件兼容的可行的反欺骗系统,以实现更可靠的视觉识别。

[0008] 根据本发明的第一方面,该目的和其他目的通过配置为检测欺骗企图的驾驶员监视系统DMS来实现,该系统包括:图像传感器模块,其用于捕获目标的一部分的图像帧序列;光源,其可操作来发射IR脉冲,IR脉冲具有脉冲宽度,并且在时间上隔开间隔持续时间;控制器,其被配置为控制光源和图像传感器,以便在不同的光照条件下捕获序列中的每个连续图像,不同的光照条件对应于光源的IR脉冲;处理器,以及在该处理器中实现的处理器可操作软件。该软件包括:运动分析器,其可操作来分析所述图像序列中的运动,并输出基于运动的结果;第一神经网络,其被训练为从通过堆叠来自图像序列的至少两个连续图像的集合而创建的至少两个通道图像中提取至少一种类型的信息,并输出空间结果;融合程序,其可操作来合并基于运动的结果和空间结果,并输出最终结果,最终结果指示目标是有生命的(live)还是假的(fake)。

[0009] 第一神经网络被训练来执行3D形状分析以提取至少一种类型的信息,使得所述空间结果区分2D形状和3D形状。换句话说,第一神经网络可以利用由至少两个连续图像的集

合的不同光照条件提供的3D信息,并且可以提取纹理和形状信息的组合。

[0010] 图像传感器模块和光源可以是DMS系统的集成部件。可以从目标的至少一部分(比如说驾驶员的眼睛区域或驾驶员的整个面部)拍摄图像。

[0011] 根据实施例,融合程序是分类器,该分类器根据基于运动的结果和/或空间结果输出最终结果。最终结果应该被理解为由DMS获取的图像是与实际有生命的人相关(有生命的)还是不与实际有生命的人相关(假的)的指示。

[0012] 融合程序可以是类型分类器,例如但不限于基于规则的分类器,或者可替代地是神经网络分类器,该神经网络分类器可以针对预先注册的数据进行训练。分类器可以基于运动分析器和第一神经网络中的任一者或两者的输出来确定结果。例如,基本的基于规则的分类器可以简单地转发基于运动的结果和空间结果中的两者或任一者作为最终结果。可替代地,如果基于运动的结果和空间结果都确定目标是“假的”,则融合程序可以输出“假的”的最终结果,否则,如果基于运动的结果和/或空间结果确定目标是有生命的,则融合程序可以输出“有生命的”的最终结果。

[0013] 因此,融合程序确保了两种类型反欺骗系统的优势;即通过运动分析器和第一神经网络被汇集在一起并且在一个紧凑的、低成本的系统中加以利用。

[0014] 运动分析器可以是跟踪器(例如眼睛跟踪器),使得输出的基于运动的结果可以依赖于可能在序列的图像帧之前已经被分析的先前图像帧的结果。

[0015] 在不同光照条件下获取图像序列背后的原因是,3D表面可以基于在不同光照条件下捕获的多个2D图像来至少部分地重建,这通常可以被称为光度立体法(photometric stereo)。这是由于从表面反射的光的量可以随着表面、光源和相机之间的角度关系而变化。

[0016] 根据本发明的第二方面,一种使用驾驶员监视系统DMS检测欺骗企图的方法,包括以下步骤:

[0017] a)发射IR脉冲,该脉冲具有脉冲宽度,并且在时间上隔开持续时间,

[0018] b)获取目标的至少一部分的图像帧序列,使得该序列的每个连续图像在不同的光照条件下被获取,不同的光照条件对应于IR脉冲;

[0019] c)分析图像帧序列中的运动,并输出基于运动的结果;以及

[0020] d)从图像帧序列中选择至少两个图像的至少一个集合,使得这两个图像是被连续拍摄的,

[0021] e)确定至少两个图像的集合中的感兴趣的区域,

[0022] f)通过(以深度(depth-wise)方式)附加(append)(或堆叠)所述至少两个图像来创建至少两通道图像,

[0023] g)将所述至少两通道图像馈送到第一神经网络,

[0024] h)提取至少一种类型的信息,

[0025] i)基于所提取的信息输出空间结果,

[0026] j)合并所述基于运动的结果和空间结果,以获得确定目标是有生命的还是假的的最终结果。

[0027] 随着驾驶员监视系统(DMS)正成为出于交通安全目的(通过例如眼睛跟踪)监视驾驶员警觉性的标准部件,它们提供了与诸如眼睛和嘴巴的面部特征的移动相关的大量信

息。发明人已经意识到，通过使用车辆中的DMS的现有硬件，人们可以将来自DMS的已经提供的信息与用于处理欺骗欺诈的现有方法(例如使用神经网络)相结合，以在车辆中获得对错误率的影响低、集成成本低和执行速度高的反欺骗系统。

[0028] 可以根据基于运动的结果执行步骤e，从基于运动的结果中可以提取特征位置(包括感兴趣的区域的位置)。步骤e可以被称为帧准备，其中连续的图像帧可以例如被裁剪、被旋转、被平移等，以包括预先确定的大小的感兴趣区域。

[0029] 根据在步骤d中为该集合选择的多个图像，在步骤f中，每个附加的图像将添加额外的通道。

[0030] 图像帧可以由NIR图像传感器模块获取，而IR脉冲可以由至少一个光源发射。步骤c到k以及下面提到的可替代的和/或附加步骤都可以由包括处理器实现的软件的处理器来执行。

[0031] 图像传感器模块可以被称为相机组件，或简称为相机。因此请注意，在本申请的上下文中，术语图像传感器模块和相机可互换使用，并且除非另有说明，否则术语图像传感器模块和相机意图指的是相同的部件。

[0032] 在实施例中，光源被配置为连续发射IR光。换句话说，间隔持续时间被布置为零。根据该实施例，由于仅存在一个光照条件，所以第一神经网络可能仅具有提取纹理信息的可能性，而不具有提取3D信息的可能性。

[0033] 可替代地，IR光源可以包括至少两个IR光源，该至少两个IR光源与相机隔开一定距离，该相机又位于距目标一定距离处。在实施例中，两个光源在空间上隔开第一距离，并且被布置为交替地发射IR光。可能的是，光源可以位于彼此相距最远的距离处，例如在相机的两侧。可替代地，一个光源可以位于相机的前面；更靠近目标，而另一个光源位于相机的一侧。空间间隔可以允许获得不同的光照条件，图像将在这些不同的光照条件中被获取。

[0034] 在多于一个光源的情况下，可能的是，来自每个光源的IR脉冲的脉冲宽度相等。可替代地，可能的是，来自每个光源的IR脉冲的脉冲宽度不相等。

[0035] 图像序列可以在专门对应于IR脉冲的脉冲宽度的不同光照条件下被拍摄。IR脉冲的脉冲宽度可以是最适合于具有多于一个光源的实施例的配置。附加地或可替代地，不同光照条件中的一个光照条件对应于IR脉冲之间的未照射条件。换句话说，一些图像可以在脉冲之间的时间间隔期间被获取，使得特定的光照条件是未受光源照射。在这种情况下，环境光照可以提供不同光照条件中的一个。

[0036] 来自图像序列的连续图像优选地在它们之间具有短的时间距离，以便减少它们之间不想要的显著目标移动，使得网络可以专注于区分有生命的目标和假目标。话虽如此，但如果目标和/或相机和/或诸如眼睑的特征已经在连续帧之间移动，则网络可以被训练来(例如通过图像的几何对齐)处理帧之间的任何现有运动。

[0037] 附加地或者可替代地，在实施例中，眼睛跟踪程序被配置为检测和比较所述图像序列中目标的视网膜的反射，并将结果馈送到融合程序。在该实施例中，可以创建和比较其中目标的瞳孔的外观可能有所不同的光照条件。当视网膜被来自近距离的光脉冲照射时，可能会发生可以被称为“红眼效应”的效应。在该实施例中，运动分析器可能不会必然地或明确地检测面部运动本身，但可以在不同光照条件下检测离开视网膜的反射的存在或不存在，例如，运动分析器可以检测瞳孔是暗的还是亮的。该实施例可能非常有益于以快速和有

效的方式检测诸如目标的2D打印品或重复出现的视频循环的欺骗。附加地或可替代地，关于瞳孔是亮的还是暗的信息可以作为输入被馈送到第一神经网络。可以在文中进一步找到关于来自运动分析器的信息可以作为输入被馈送到第一神经网络的替代实施例的更多信息。

[0038] 神经网络被成功地用于图像分析中的分类问题。在实施例中，第一神经网络被训练来执行纹理信息分析以提取至少一种类型的信息，使得空间结果是对目标是有生命的、或目标在纹理上是假的或目标是欺骗的分类，例如2D照片的一部分、假对象或重放的视频循环。假对象可以是面具、假人头(例如娃娃头)或人体模型。

[0039] 为了提取和分析纹理信息，可以训练神经网络来识别纹理信息(例如颜色、线条、轮廓等)，并区分有生命的目标和假目标的纹理和/或形状。

[0040] 第一神经网络可以被训练来在中等程度(intermediate level)上区分“有生命的”或“假的”。为此目的，至少两个连续图像的集合可以组合在一起并被馈送到第一神经网络。第一神经网络可以从馈送的堆叠的图像中提取纹理信息。

[0041] 在实施例中，基于运动的结果和空间结果都作为直接输入被馈送到融合程序，以通过直接合并所述基于运动的结果和空间结果来输出最终结果。

[0042] 可替代地，在实施例中，第一神经网络另外用作融合程序，使得所述空间结果是所述最终结果，和/或其中基于运动的结果(即来自运动分析器的所检测到和分析的运动信息)作为输入被馈送到第一神经网络。在该实施例中，第一神经网络另外被训练来对来自运动数据分析的信息进行操作，以提取关于目标是有生命的还是假的的信息。在该实施例中，空间结果和最终结果可以相同，并且与来自欺骗检测系统的最终输出的结果相同。在该实施例中，可能的是，至少基于运动的结果的子集被用于确定至少两个图像的集合中的感兴趣的区域，例如裁剪至少两个图像的集合的图像帧并提取目标的面部区域。

[0043] 在又一可替代的实施例中，运动分析器另外用作融合程序，使得从第一神经网络输出的所述空间结果作为输入被馈送到运动分析器中。在该可替代的实施例中，运动分析器另外被训练来对来自第一神经网络的信息进行操作，以提取关于目标是有生命的还是假的的信息。在该实施例中，基于运动的结果和最终结果可以相同，并且与来自欺骗检测系统的最终输出的结果相同。

[0044] 在DMS系统中，当然可以由所述NIR图像传感器模块连续地捕获目标的至少一部分的多于一个图像帧序列。这可以很好地符合DMS系统的视频获取功能。在这种情况下，可能的是，运动分析器可操作来分析所述多个图像序列中的每个序列中的运动，并输出多于一个基于运动的结果，每个基于运动的结果对应于每个被分析的图像序列。附加地或可替代地，第一神经网络可以可操作来从来自所述多于一个图像序列中的每个序列的至少两个连续图像的集合中提取至少一种类型的信息，并输出多于一个空间结果，每个空间结果对应于每个图像序列。

[0045] 借此，系统可以受益于由于更大量的欺骗分析而导致的更可靠的欺骗检测。可能的是，在整个使用(例如驾驶)期间以给定的频率执行所述更大量的欺骗分析。

[0046] 附加地或者可替代地，在实施例中，处理器实现的软件还包括第二神经网络，该第二神经网络被训练来执行场景动态分析以从多个图像序列中提取第二种类型的信息，并输出迭代结果，该迭代结果是第二基于运动的结果，并且其中由第二神经网络输出的迭代结

果被馈送到融合程序中。

[0047] 在获取多个图像帧序列的情况下,可以通过在延长的时间段内分析目标来提取对欺骗检测有用的其他信息。为此,每个图像序列的图像帧可以被一起附加到一个堆叠中,使得多个堆叠中的每个堆叠对应于一个图像序列。这可以将又一层分析添加到欺骗检测中,其中可以检测不一致性或重复,以及输出迭代结果并馈送到融合程序。

[0048] 这同样可以有利于检测欺骗企图,因为额外的欺骗检测层将降低计算的错误率,使欺骗检测更加可靠。

[0049] 例如,递归神经网络架构(recurrent neural network,RNN)可以被用作第二神经网络,多个堆叠可以被馈送到该第二神经网络。在实施例中,第二神经网络被训练来分析场景动态以提取第二种类型的信息。场景动态可以例如指目标的周围环境,其继而可以指车辆的舱内环境和/或例如通过车窗可见的外部环境。这可能有利于检测其中场景从不改变的欺骗企图,例如呈现给相机的目标的2D打印品。附加地或者可替代地,并且更重要的是,它可能在检测重放的视频循环方面非常有用,在重放的视频循环中,场景变化在一段时间内反复出现,仅一个欺骗检测层(即运动分析)连同第一神经网络分析(基于运动的结果和空间结果)一起可能无法检测到它。

[0050] 可能的是,第二神经网络可独立于运动分析器和/或第一神经网络而操作。

[0051] 实施例包括计算所述基于运动的结果、所述空间结果、所述迭代结果和/或所述最终结果中的至少一个的置信水平的另外的步骤。这可能有利于考虑系统、测量结果和/或分析中的可能错误。

[0052] 附图简述

[0053] 参照示出了本发明的当前优选的实施例的附图,将更详细地描述本发明。

[0054] 图1a和图1b示意性地示出了配置为检测欺骗企图的DMS系统。

[0055] 图2示出了反欺骗系统的实施例的框图。

[0056] 图3示出了反欺骗系统的实施例的框图。

[0057] 图4示出了用于检测欺骗企图的方法的流程图。

[0058] 优选实施例的详细描述

[0059] 在下面的详细描述中,将描述本发明的一些实施例。然而,要理解的是,不同实施例的特征在实施例之间是可互换的并可以用不同的方式组合,除非有任何其它情形被特别指示。即使在下面的描述中阐述了很多特定的细节以提供对本发明的更透彻的理解,对本领域中的技术人员将明显的是,本发明也可在没有这些特定细节的情况下被实施。

[0060] 图1a示意性地展示了DMS系统1,该系统被配置为检测欺骗企图,即确定DMS获取的图像是否与实际有生命的人相关,而不是例如与某种人工制品(如照片或面具)相关。

[0061] 在所示的示例中,系统包括相机10和两个红外(IR)光源20a、20b。相机10通常可以包括图像传感器、光学组件11,该图像传感器包括有源区,该有源区包括多个像素,该多个像素可操作来感测基本上在光谱的IR部分中的辐射,该光学组件11设置在图像传感器的有源区上,光学组件11由控制器30控制,并被配置为将图像传感器连续曝光于对应于图像序列的曝光序列,光学组件11可以包括快门、被配置为从多个像素获取输出信号的读出电路、被配置为基于来自多个像素的输出信号而生成图像序列的一个或更多个图像处理器。相机10还包括IR或近IR(NIR)滤光器13。滤光器13可以被配置为例如当在IR脉冲之间的持续时

间的时间间隔期间捕获图像的情况下是可取出的。光源20a、20b可以是固态光源(例如LED)。在所示的示例中,光源20a、20b是LED,该LED被配置为发射光谱集中在以850nm或940nm(NIR)为中心的50nm波段中的光。滤光器13可以是带通滤光器,例如干涉滤光器。滤光器13可以被配置为具有基本上对应于光源20a、20b的光发射光谱的通带。因此,在上述示例中,滤光器13应该具有大约825nm-875nm或915nm-965nm的通带。窄带照明和窄通带滤波的组合使得图像获取系统对环境光(例如太阳光)不太敏感。

[0062] 在图1a和图1b中,示意性地展示了后面的部件中的一些彼此之间和/或与目标50、9之间的相对距离。系统1被认为安装在车辆(未示出)内,定位成使得相机10位于Dc的距离处面向目标的位置,该目标是驾驶员面部50和/或驾驶员眼睛区域9(简称为驾驶员),而两个IR光源20a、20b位于相机的两侧,彼此隔开长度L,距相机10的横向距离为1a和1b,并且距驾驶员50、9的距离为D1和D2。请注意,在所描绘的实施例1中,两个光源20a、20b相对于相机和/或驾驶员50、9定位在相同的横向平面上。相机10和光源20a、20b之间的垂直距离是Lc。然而,值得注意的是,在DMS系统1的一些实施例中,与图1所示的实施例不同,两个光源20a、20b关于相机10和/或目标50、9不对称地定位。相机10可操作来捕获来自目标50、9的图像帧序列,而IR光源20a、20b被配置为交替地发射IR光的脉冲。相机10和IR源20a、20b电子连接到控制器30。控制器30被配置成控制图像帧的获取,使得图像帧与从光源20a和20b中的任一个发射的IR脉冲的脉冲宽度相对应,和/或来自每个连续脉冲之间的时间间隔。

[0063] 作为一个实际例子,光源20a、20b由脉冲触发,脉冲的占空比被选择为提供足够的照明以获取一个图像帧。如所提到的,可以为了图像帧激活一个或两个光源20a、20b。优选地,光源20a、20b由脉冲式信号控制,该脉冲式信号具有确保脉冲宽度对应于相机10获取一个图像所需要的时间的占空比。然后,相机10与该脉冲式信号同步。

[0064] 控制器30转而电子连接到处理器40,该处理器40包括处理器实现的软件。该系统还具有存储器,例如RAM存储器,该存储器例如存储将由处理电路15执行的软件。

[0065] 图2和图3展示了处理器如何实现软件功能的示例实施例42、44。

[0066] 在图2的处理器实现的软件实施例42中,连续图像序列100被配置为由相机10从目标50、9捕获,使得序列中的每个图像对应于不同的光照条件。序列100可以是由DMS系统1的相机10捕获的视频剪辑的选定图像帧序列。

[0067] 如前所述,在不同光照条件下获取图像序列背后的原因是,可以基于在不同光照条件下捕获的多个2D图像至少部分地重建3D表面。可能的是,重建本身不用于本发明的目的,但是神经网络210可以通过重建过程提取3D信息,这可能对区分有生命的目标50、9和假目标有用。

[0068] 序列100被布置为馈送到运动分析器200(例如DMS系统中的运动分析器),该运动分析器200转而被配置为检测和分析运动事件(例如检测和分析面部移动,诸如目标50、9的眼睛和/或嘴部区域中的面部移动)和/或估计目标50、9的头部姿态和凝视,以及估计例如困倦,并输出目标50的自然运动的存在或不存在。

[0069] 这可能非常有益于检测欺骗攻击,例如,保持到相机10的目标50、9的2D打印品、和/或不允许完整面部动态(例如,具有固定的嘴部)的一些面部面具。运动分析器200可以将序列中的图像彼此比较,并检测目标50、9是否表现出合理和/或自然的移动。

[0070] 然后,基于运动的结果可以确定这些移动的存在或不存在。这可以用几种方式实

现，例如，通过处理器实现的软件计算置信水平来实现，这意味着例如，在处理器确定无疑地检测到合理移动的情况下，处理器可以给出例如0的分数，而如果绝对没有检测到合理移动，则给出例如1的分数。典型地，所分析的图像序列接收的分数可以介于0和1之间。可以存在0和1之间的预定义阈值，对于低于该阈值的情况，输出的基于运动的结果可以是合理和/或自然运动的存在，因此没有欺骗检测，而对于高于该阈值的分数，输出的基于运动的结果可以是合理和/或自然移动的不存在，这意味着检测到欺骗。

[0071] 此外，来自序列100的至少两个连续图像的集合110被布置成供处理器实现的软件选择，该至少两个连续图像在不同的光照条件下被获取。

[0072] 集合110的图像被附加，换句话说，被堆叠在一起，并被馈送到第一神经网络(例如卷积神经网络)210，用于由处理器实现的软件进行纹理和3D形状分析。图像堆叠或者换句话说两通道图像提供了第一神经网络210可以从中提取3D信息的材料，和/或提供从集合110的每个2D图像的不同光照条件形成目标50、9的至少部分3D重建的可能性。第一神经网络210可以将数据分类为：有生命的、2D打印品、或重放视频循环、或面具、或分析后的任何其他类型的欺骗企图。来自运动分析器200和第一神经网络210的输出被布置为馈送到融合程序230，并且被合并以输出目标50是“有生命的”或“假的”的最终结果，融合程序230可以是反欺骗分类器信息融合程序。

[0073] 例如，可以使用卷积神经网络(CNN)以便提取和分析诸如但不限于纹理信息的信息。为了给出纹理分析的示例，人们可以参考区分自然外观特征和人工制品的能力。例如，在一些面部面具的眼睛开口中，可能会检测到双边缘，因为面具开口的纹理和下面的真实眼睛之间可能存在一些不一致性。

[0074] 在不同光照条件下拍摄的图像可以揭示来自目标50、9的不同信息。在图像集合被馈送到神经网络210之前，至少两个连续图像的集合110被布置为彼此堆叠，使得它们创建至少两通道图像。由此意在传达，集合110中的每个图像帧的信息以深度方式被组合，以便提供目标50、9的至少部分3D构建。

[0075] 值得注意的是，在使用之前，训练神经网络210。为此目的，例如，从数据收集中制作的记录中提取帧，并进行准备，使得例如连续的图像帧可以被裁剪、旋转、平移等以在预先确定的尺寸内包括感兴趣区域。从欺骗记录中提取的帧可以被标记0，而从有生命的记录中提取的帧可以被标记1。然后对帧进行分割，使得随机选择的受试者的所有记录都用作训练数据，而其余的用作验证数据。来自面具记录的帧被分割，使得具有一些面具的帧用于训练，而具有其他面具的帧用于验证。需要注意的是，在训练和验证之前，基于来自训练数据集合的统计数据，按样本和/或按特征对数据进行归一化。在训练数据集合相对较小的情况下，可以通过增强训练数据来引入变化。所使用的优化器可以是例如“Adam”或“SGD”分类器。二元交叉熵可以用作成本函数。为了在准确度提高停止时降低学习速率，可以使用学习速率调度器来迭代地更新速率。

[0076] 类似于基于运动的结果，可以用几种方式实现确定和输出空间结果，例如，通过处理器实现的软件计算置信水平来实现，这意味着例如在处理器检测到纹理差异和/或确定无疑地从3D中区分出2D的情况下，处理器可以给出例如1的分数，而如果绝对没有检测到纹理差异，和/或确定无疑地确定目标的3D结构，则给出例如0的分数。典型地，所分析的图像序列接收的分数可以介于0和1之间。可以存在在0和1之间的预定义阈值，对于高于该阈值

的情况，输出的空间结果可以是纹理差异和/或目标的2D结构的存在，因此检测到欺骗，而对于低于阈值的分数，输出的空间结果可以是最小纹理差异或目标的3D结构，因此没有发生欺骗企图。例如，当考虑系统中可以被忽略的错误时，计算置信水平可能是有益的。

[0077] 在图2的实施例42中，描绘了欺骗检测的附加层。请注意，欺骗检测可以独立于该附加层而起作用，并且该层的存在可以给容易解释的实施例42添加额外程度的欺骗检测。附加层包括从目标50捕获图像帧的多个序列101、103、105。序列101、103、105中的每一个中的每一个图像被布置为在不同的光照条件下被拍摄。这些序列可以被布置为在时间上彼此连续地被获取，就像视频获取那样。每个序列101、103、105中的图像被布置为彼此组合，产生图像的多个堆叠150。该多个堆叠150被布置为然后作为输入由处理器实现的软件馈送到第二神经网络270。第二神经网络可以是例如递归神经网络(RNN)，其中可以检测和分析不一致性或重复，并且将输出迭代结果。然后，输出被馈送到融合程序230、250，融合程序230、250被配置为将迭代结果与其他输出合并，并输出目标50是“有生命的”或“假的”的最终结果。

[0078] 再次值得注意的是，第二神经网络270可以在使用之前被训练。

[0079] 同样，可以用几种方式实现最终结果的确定和输出，例如，通过处理器实现的软件在最终层计算置信水平来实现。

[0080] 在图3的可替代的处理器实现的软件实施例44中，类似于图2，从目标50捕获的图像序列100被布置为被馈送到运动分析器200以检测和分析运动事件，并输出目标50的自然运动的存在或不存在。然而，与后一个实施例42不同，在图3的实施例44中，来自运动分析器200的输出被布置为与来自序列100的至少两个选择的连续图像110的组合集合一起作为输入馈送到第一神经网络250，第一神经网络250不仅对输入的数据执行纹理和3D形状分析，而且还将执行融合，以输出目标50是“有生命的”或“假的”的最终结果。

[0081] 类似于图2的实施例42，在图3的实施例44中，描绘了欺骗检测的附加层。请注意，欺骗检测同样可以独立于该附加层而起作用，并且该层的存在可以给容易解释的实施例44添加额外程度的欺骗检测。附加层被配置为执行针对实施例42的附加层所提到的相同的步骤，并且因此参考该描述。

[0082] 图4示出了使用图1-3中的系统检测欺骗企图的方法的流程图。在S1中，光源20a、20b发射具有给定持续时间和给定时间间隔的IR脉冲。在步骤S2中，与每个IR脉冲同时地和/或在每个连续IR脉冲之间的持续时间的间隔中，相机10在由交替的IR脉冲创建的不同条件下获取目标50、9的图像序列100。因此，步骤S1和S2需要彼此结合地执行。例如，在具有每秒120帧的速率的一种配置和其中来自光源20a和20b的可替代的IR脉冲构建不同光照条件的双闪光配置中，IR脉冲的脉冲宽度、因此相机的图像获取时间被设置为350μs。在每帧的可用周期将为8333μs的这种配置中，每个IR脉冲在进入周期后的500μs开始，并在350μs后结束。因此，对于所述的双闪光配置，将实现每秒60帧的有效帧速率。在具有相同的120的帧速率的配置和因此的四闪光配置中，可以达到每秒30帧的有效帧速率。

[0083] 在S3中，处理器实现的软件的运动分析器200分析图像序列100以检测目标50、9的自然和/或合理运动的存在。运动分析器200在S4中计算置信水平，以便检测所述运动的存在或不存在，并补偿系统和/或测量结果的可能错误。请注意，S4并不是用于执行如图4的示例实施例中所示的方法的必要步骤，并且可以被忽略，或者可替代地，可以用其他措施来代

替。在S5中,运动分析器200输出基于运动的结果。

[0084] 在S6中,从图像序列100中选择在不同光照条件下获取的至少两个连续图像的集合110。在S7中,在至少两个图像的集合110中确定感兴趣的区域。该感兴趣的区域例如可以是目标50、9的眼睛区域或整个面部区域。该步骤可被称为帧准备,其中连续的图像帧可以例如被裁剪、被旋转、被平移等以包括预先确定的期望大小的感兴趣的区域。请注意,帧准备(例如裁剪)通常根据基于运动的结果来完成。跟踪器可以提供例如面部特征坐标,这些坐标可以用于确定裁剪。可替代地,诸如利用面部检测器的其它方法可以用于实现后者,其然后将独立于运动分析器渲染反欺骗特征。

[0085] 在S8中,以如前所述的深度方式将至少两个连续图像的集合110的图像彼此堆叠,以便创建至少两个通道图像。请注意,集合中的在不同光照条件下拍摄的每个连续图像都将添加一个通道。例如,如果为图像的集合110选择多于两个连续图像(例如在不同光照条件下拍摄的四个图像中的三个图像),并且将其彼此堆叠,则将创建三通道或四通道图像。在S9中,将堆叠馈送到第一神经网络,该第一神经网络将通过分析集合的纹理信息和/或从3D结构中区分出2D结构来执行该集合的分类。第一神经网络在S10中计算关于纹理差异和/或目标的2D结构的存在的置信水平,并补偿系统和/或测量结果的可能错误。请注意,类似于S4,S10并不是用于执行如图4的示例实施例中所示的方法的必要步骤,并且可以被忽略,或者可替代地,可以用其他措施来代替。可替代地,计算置信水平不一定是后处理步骤。在这种情况下,置信水平可以由第一神经网络本身计算,这意味着S10和S9可以组合成一个步骤。在S11中,第一神经网络输出空间结果。

[0086] 请注意,在流程图中示出的一个可替代的路径中,S5的基于运动的结果可以与图像堆叠一起作为输入馈送到神经网络S9。在可替代的路径中,S5的基于运动的结果可以与空间结果一起馈送到S12中的融合程序,该融合程序将合并输入信息,可能在S13中计算置信水平,并在S14中输出将目标50分类为“有生命的”或“假的”的最终结果。

[0087] 一组独立的步骤S21-S26在图4所示出的流程图的左侧是可见的,这为该方法添加了欺骗检测的额外的层。在S21中,从目标50、9捕获图像帧的多个序列101、103、105,使得序列101、103、105中的每个序列中的每个图像在不同的光照条件下被拍摄。这些序列在时间上彼此相继被获取。在S22中,每个序列101、103、105中的图像被彼此堆叠,从而产生S23中的图像的多个堆叠150。然后在S24中,该多个堆叠150作为输入被馈送到第二神经网络270。第二神经网络可以是例如递归神经网络,其中可以检测和分析不一致性或重复,并且可以如S25所示计算置信水平,并且将在S26中输出迭代结果。然后,S26的输出被馈送到S12中的融合程序,以与S11和S5的其他输出合并,并输出目标50、9是“有生命的”或“假的”的最终结果。

[0088] 本领域中的技术人员认识到,本发明决不限于上面所述的优选实施例。相反,在所附权利要求的范围内很多修改和变化是可能的。例如,DMS的细节可以不同于本文公开的那些细节。此外,脉冲宽度和脉冲间隔可以基于实施方式来调整,用作神经网络的输入的帧或帧集合的数量也可以基于实施方式来调整。

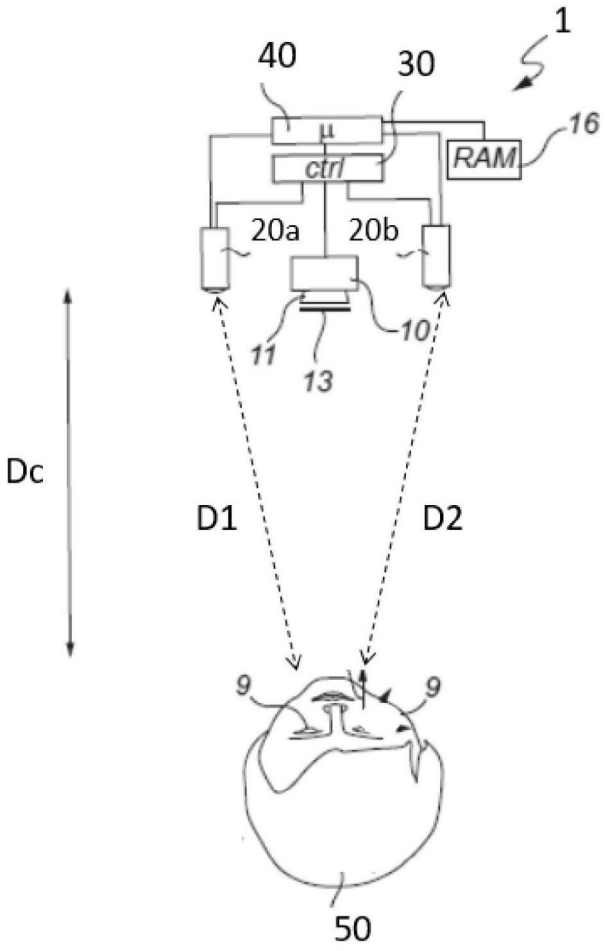

1
40
30
μ
ctrl
RAM
16
20a
20b
10
11
13
Dc
D1
D2
9
9
50

图1a

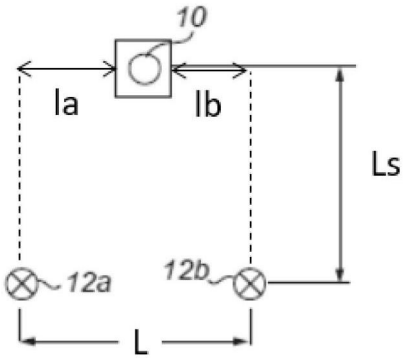

10
la
lb
Ls
12a
12b
L

图1b

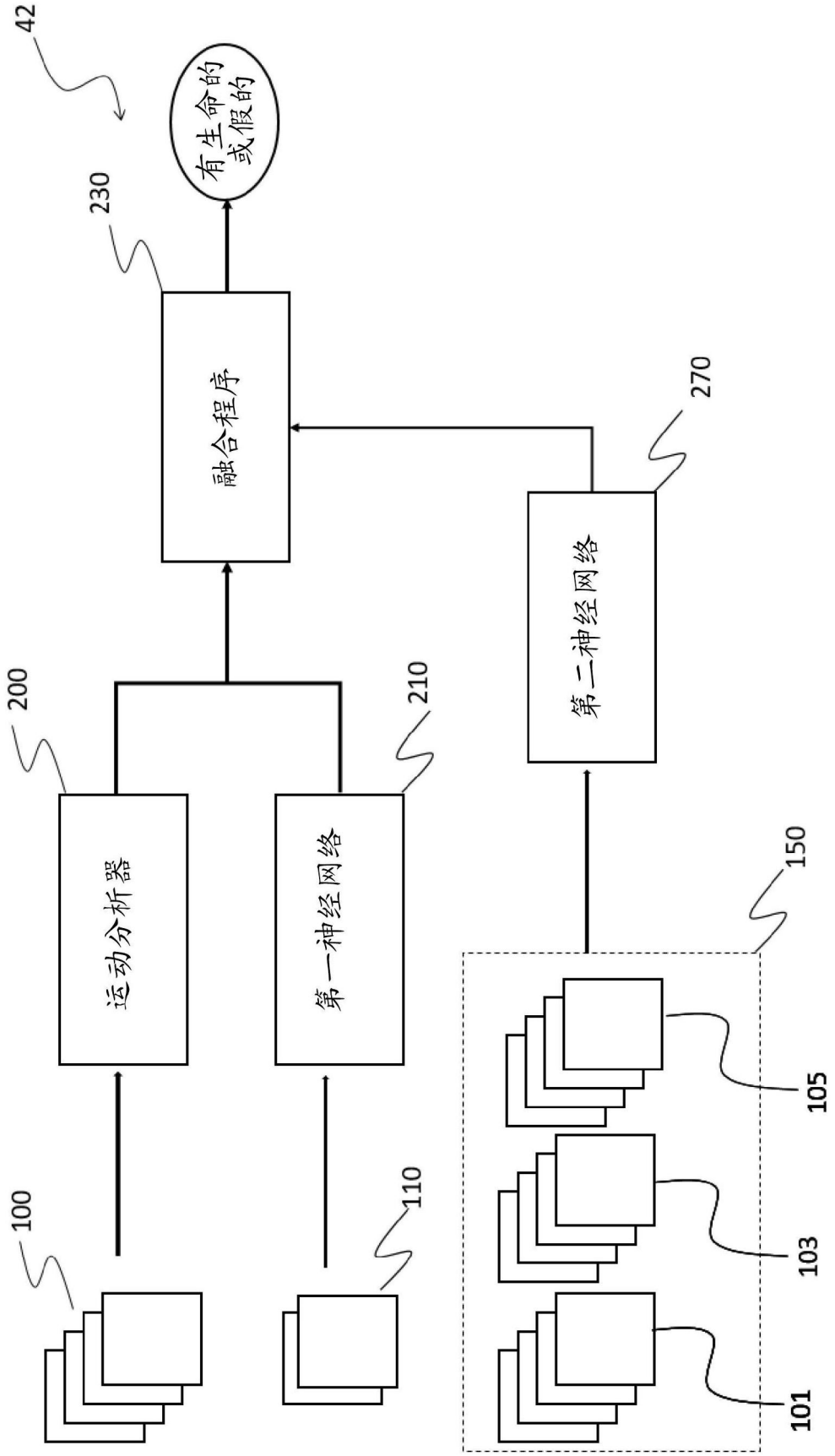

42
有生命的或假的
230
融合程序
270
第二神经网络
200
210
运动分析器
第一神经网络
150
100
110
105
103
101

图2

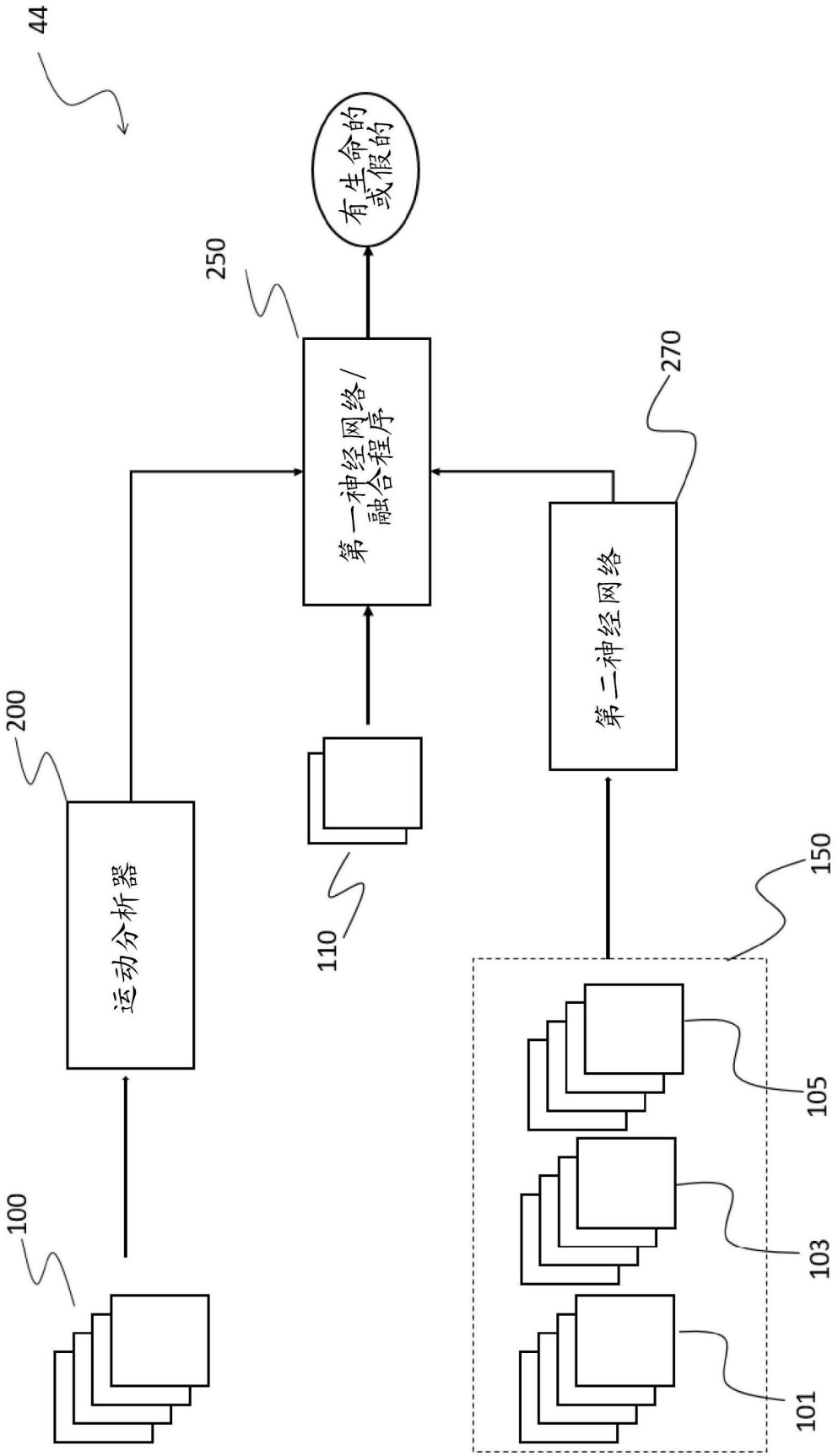

44
有生命的
或假的
250
第一神经网络/
融合程序
270
第二神经网络
200
运动分析器
110
150
105
103
101
100

图3

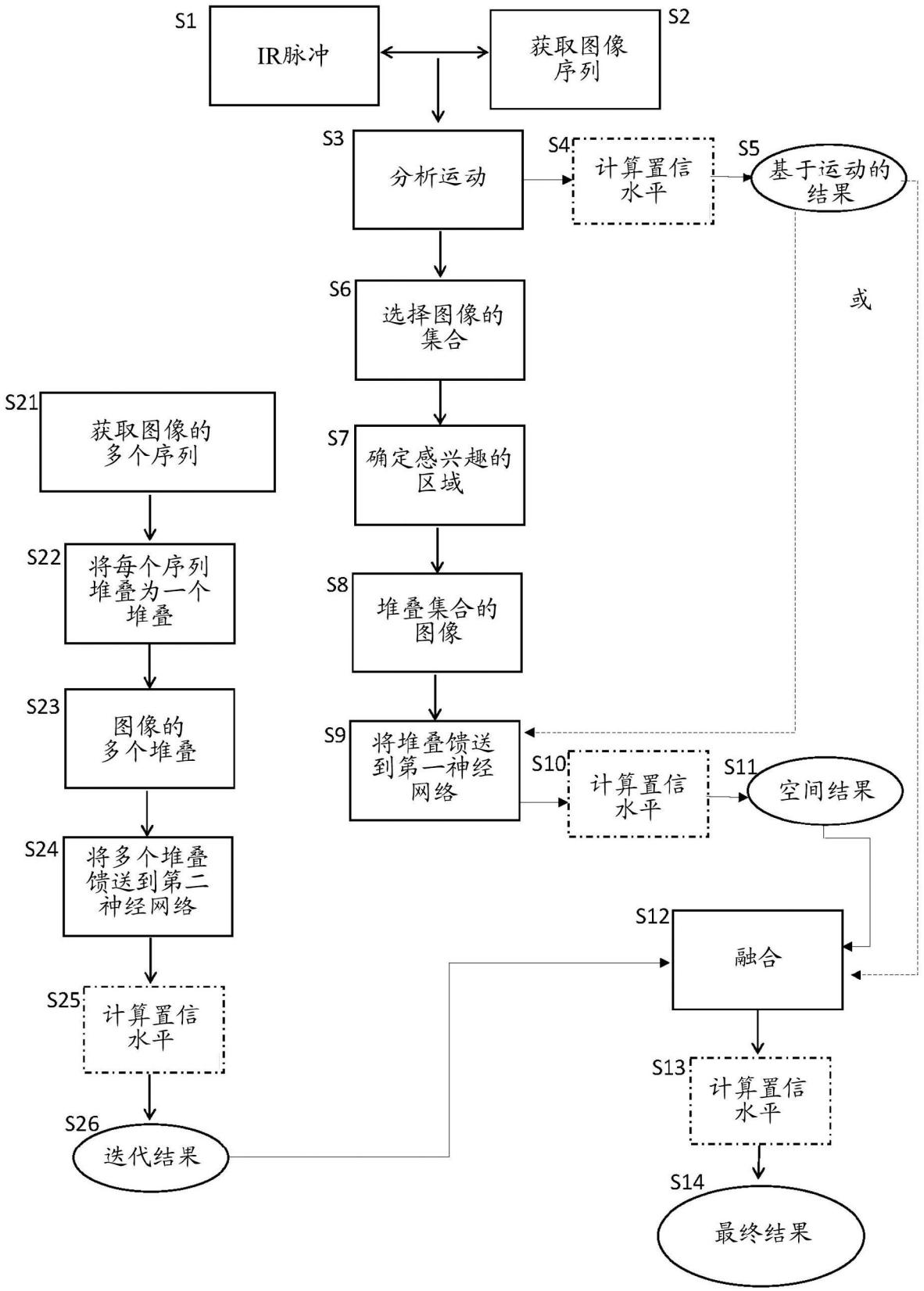

S1
IR脉冲
S2
获取图像序列
S3
分析运动
S4
计算置信水平
S5
基于运动的结果
或
S6
选择图像的集合
S7
确定感兴趣的区域
S8
堆叠集合的图像
S9
将堆叠馈送到第一神经网络
S10
计算置信水平
S11
空间结果
S12
融合
S13
计算置信水平
S14
最终结果
S21
获取图像的多个序列
S22
将每个序列堆叠为一个堆叠
S23
图像的多个堆叠
S24
将多个堆叠馈送到第二神经网络
S25
计算置信水平
S26
迭代结果

图4